

エキスパートシステムを用いた橋梁構造物の 耐用性評価に関する基礎的研究

京都大学工学部 正員 白石 成人

京都大学工学部

正員 古田 均

京都大学大学院 学生員 ○川上 宏一郎

1. まえがき

現存する橋梁の中には、何らかの損傷を呈し使用性および安全性に問題を有するものも少なくない。これらの橋梁構造物の維持管理を行っていくには、その耐用性を評価する事が必要である。しかし、これまで、耐用性評価は、経験豊富な専門家の直感や工学的判断に頼らざるをえなかった。そこで本研究では、専門家の持つ知識をプロダクションルールという形で表現しコンピュータに蓄積する事により汎用性の高い耐用性評価システム（エキスパートシステム）を作り上げることが目的とする。対象としては、鋼桁橋を取り上げ、入力データおよびルール自体に含まれる不確実性を考慮するために、確信度係数の導入を図る。

2. 橋梁構造物の耐用性評価システム

本研究では、コンピュータ言語 LISP を用いて、鋼桁橋を対象に耐用性評価システムを作成した。その評価手順を図 1 に示す。ここでは、鋼桁全体の耐用性を「損傷度」と「健全度」の 2 つの指標を用いて評価する。「損傷度」とは構造物の損傷の程度を表し、「健全度」とは構造物の使用環境を含めた機能遂行の程度を表す。これらを共に、A、B、C の 3 段階で評価する。評価は、得られたデータに、プロダクションルールの形で表現されている知識を順次適用していくことによりなされるが、この際、データや知識に含まれる不確実性を考慮できるように、確信度係数 (CF) を導入した。確信度係数は、0 から 1 までの数値で表され、データおよび、ルールの結論部に設置される。ルールの条件部が複数の条件で構成される場合、各条件に与えられる確信度係数のうちの最小値を条件部全体の確信度係数とし、それに結論部の確信度係数を乗じることで全体の確信度係数を求める。

鋼桁橋の損傷度は、次の手順で評価される。

- 1) 各部材の損傷度評価ルールを損傷データに適用することにより、部材ごとの損傷程度を求める。
- 2) この結果と鋼桁全体の損傷程度評価ルール

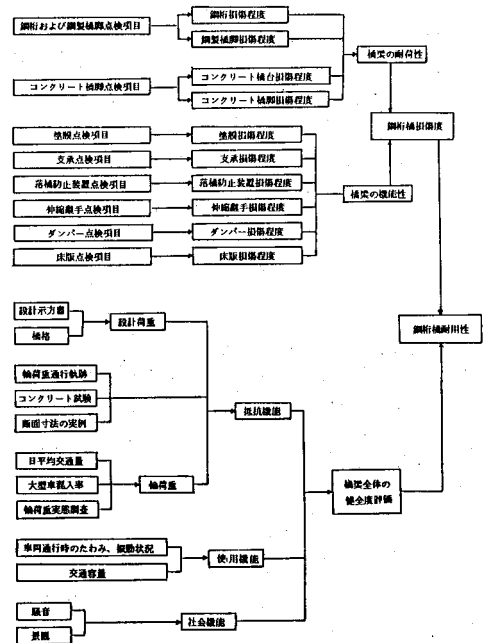


図 1 鋼橋耐用性評価システム評価手順

Naruhito SHIRAISHI Hitoshi FURUTA Kōichirō KAWAKAMI

ルとから鋼桁全体の損傷

度が求まる。鋼桁橋の健全度は、次の手順で評価される。1)適用示方書や橋格、構造形式等により設計曲げモーメントを評価する。2)輪荷重評価の結果から耐荷力を評価する。3)これらを総合化し、走行性、景観等の評価を加えた上で鋼桁全体の健全度を評価する。

本システムへ実際のデータを適用した例を示す。まず表1、2に示すような点検データより、部材ごとの損傷程度が表3のように求まる。この際用いられたルールのうち鋼桁に関わるものを図2に示す。この場合、一つの部材につき複数個の損傷程度に関する結論が求まるので、最も高いランクかつ最大の確信度係数をもつ結論を鋼桁損傷程度とする。表3の結果より、鋼桁全体の損傷度が表5のように求まる。次に、表4に示すような健全度に関するデータにより鋼桁橋全体の健全度を評価すると表5のようになる。これらの結果より、この橋梁は全体としてかなりの損傷を呈しており、何らかの対策が必要であると判断できる。

3. 結論およびあとがき

確信度係数を導入することにより、今まで利用されていなかったルールをも取り扱うことができ、より現実的な評価結果を得ることが可能になる。ただし、確信度係数の計算法にはまだまだ検討しなければならない点が多くあり、今後さらに研究を進める必要がある。また、言葉によるあいまいさを考慮するには、ファジィ理論の導入を考える必要があると思われる。最後に、本研究に際しご協力頂いた、大阪大学大型計算機センターの馬野元秀氏に感謝致します。

参考文献 1) 白石、古田、橋本：プロダクションシステムを用いた構造物の健全度評価、第7回設計における信頼性工学シンポジウム(1985)

表 1 鋼桁橋点検データ

	項 目	デ ー タ	C F
鋼 桁	高力ボルト 溶接部付近の塗膜	(主要部材) ゆるみ : 7本 亀裂	0.9 0.8
	高力ボルト 部材の曲り	(二次部材) 欠損 : 1本 2.0 mm 点状	0.9 0.8 0.5
	鋼材の曲り 異常音 塗膜の状態 漏水	(二次部材) 5.5 mm 金属のたたき音 層間剝離が広範囲 少し	0.7 0.7 0.6 0.7
	RC橋脚	ひび割れ値 ひび割れ間隔 鉄筋 鉄筋	0.4 mm 7.0 cm 露出 : 0.8 m ² 腐食
RC橋台	ひび割れ幅 ひび割れ間隔	0.1 mm 5.0 cm	0.5 0.6
支 承	本体部 ボルト 鋼 音座コンクリート	変形 ゆるみ 内部に浮き錆 ひびわれ	0.6 0.8 0.6 0.7
	ダンパー	油もれ	若干
落下防止 装置	鋼 ボルト	全面的 ボルト孔にずれ	0.7 0.8
	伸縮継手	ボルト 錆 止水工	ゆるみ : 2本 著しい 著しい損傷
床 版	損傷パターン	P2	0.9

表 2 鋼桁橋点検データ

	区 間	状 態	面 積	C F
鋼 桁	1	2	25%	0.8
	2	1	35%	0.7
	3	1	30%	0.7
	1	3	20%	0.7
	2	1	50%	0.8
	3	1	35%	0.5
変退色	1	1	/	0.7
	2	2	/	0.8
	3	1	/	0.6

表 3 鋼桁橋各部材損傷程度

	ランク	C F
鋼桁損傷程度	B	0.9
鋼製橋脚損傷程度	A	0.7
コンクリート橋脚損傷程度	A	0.5
コンクリート橋台損傷程度	C	0.6
塗 膜 損 傷 程 度	B	0.8
支 承 損 傷 程 度	B	0.8
落橋防止装置損傷程度	A	0.5
伸縮継手損傷程度	A	0.5
タンパー損傷程度	B	0.4
床 版 損 傷 程 度	A	0.9

(鋼橋造物損傷程度-22-1)

IF (部材 = X 主要部材)
(ゆるみ 高力ボルト (=Y 1接続部) =CF1)
(*> =Y 5) (*< =Y 9)
THEN (鋼橋造物損傷程度 B (*TIMES 1.0 =CF1))

(鋼橋造物損傷程度-37-1)

IF (部材 鋼桁 二次部材)
(曲がり =X =CF1)
(*< =X 50)
THEN (鋼橋造物損傷程度 B (*TIMES 1.0 =CF1))

(鋼橋造物損傷程度-48-1)

IF (部材 =X 二次部材)
(塗膜 亀裂 剥離部 =CF1)
THEN (鋼橋造物損傷程度 B (*TIMES 1.0 =CF1))

(鋼橋造物損傷程度-60-1)

IF (部材 =X 二次部材)
(欠損 高力ボルト (1 1接続部) =CF1)
THEN (鋼橋造物損傷程度 B (*TIMES 1.0 =CF1))

(鋼橋造物損傷程度-64-1)

IF (錆び 点状 =CF1)
THEN (鋼橋造物損傷程度 C (*TIMES 1.0 =CF1))

図 2 鋼桁損傷程度ルール例

表 4 鋼桁橋健全度データ

項 目	デ ー タ	
軸荷重	大	0.5
示方書	昭和39年	1.0
橋 格	一等橋	1.0
鉄筋許容応力	1400 kg/cm ²	0.9
塗装状態	良	0.5
景 観	普通	0.4

表 5 鋼桁橋耐用性評価結果

	ランク	C F
鋼桁損傷程度	A	0.64
鋼桁橋健全度	B	0.7